

repository.ub.ac.id

**IMPLEMENTASI PENGATURAN JARAK TENDANGAN
PROTOTIPE KAKI ROBOT PADA KAKI MANUSIA
MENGUNAKAN SENSOR *GYROSCOPE* DAN
ACCELEROMETER DENGAN METODE PID**

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Jodie Putra Kahir
NIM: 125150306111003



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

PENGESAHAN

IMPLEMENTASI PENGATURAN JARAK TENDANGAN PROTOTIPE KAKI ROBOT
PADA KAKI MANUSIA MENGGUNAKAN SENSOR *GYROSCOPE* DAN
ACCELEROMETER DENGAN METODE PID

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Jodie Putra Kahir
NIM: 125150306111003

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
02 Agustus 2018
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Wijaya Kurniawan, S.T, M.T
NIP: 19820125 201504 1 002

Rizal Maulana, S.T., M.T., M.Sc.
NIK: 2016078910091001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

IDENTITAS PENGUJI

- Dosen Penguji I
Ari Kusyanti, S.T, M.Sc
NIK. 201102 831228 2 001
- Dosen Penguji II
Fitri Utaminingrum, S.T, M.T, Dr.Eng
Nlp. 198207102008122001



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 19 Juli 2018

Jodie Putra Kahir

NIM: 125150306111003



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Jodie Putra Kahir

Tempat, Tanggal Lahir : Mataram, 23 Agustus 1994

Alamat Asal : BTN Permata Anggrek Blok A17, Gatep Indah,
Mataram

Nama Orang Tua : Fatmah Gandy

Riwayat Pendidikan : SD Inpres 1 Waingapu (2000)
SD Negeri 9 Mataram (2000-2003)
SD Inpres 2 Waingapu (2003-2006)
SMP Negeri 1 Waingapu (2006-2009)
SMA Negeri 2 Mataram (2009-2012)
S1 Informatika Universitas Brawijaya (2012-2018)

Alamat di Malang : Jl. Ikan Paus VII No. 23, Blimbing

No. telpon/HP : 0812 3536 1594

E-mail : jodi.maggot@gmail.com

Prestasi : -

Pengalaman Kepanitiaan : BASIK II (2014)

Pengalaman Organisasi : Staf Advokesma Himpunan Teknik Komputer
(2015)

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada seluruh pihak yang selama ini telah mendukung dan membantu dalam proses penelitian skripsi. Kepada dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberikan masukan berharga bagi skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada teman-teman di kampus yang telah memberikan dukungan dan berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan penelitian. Semoga segala jerih payah perjuangan yang telah dilakukan bisa memberi manfaat bagi banyak orang.

Malang, 2 Agustus 2018

Penulis

jodi.maggot@gmail.com



ABSTRAK

Jodie Putra Kahir, Implementasi Pengaturan Jarak Tendangan Prototipe Kaki Robot Pada Kaki Manusia Menggunakan Sensor *Gyroscope* Dan *Accelerometer* Dengan Metode PID

Pembimbing: Wijaya Kurniawan, S.T., M.T. dan Rizal Maulana, S.T., M.T., M.Sc.

Pada zaman sekarang sudah banyak orang dari berbagai kalangan maupun tingkatan umur yang gemar bermain *game*. *Game* yang biasa dimainkan terbagi pada beberapa *platform* salah satunya adalah *platform* konsol. Tetapi pada *platform* konsol terlihat masih kurangnya jenis interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna dengan *game* pada konsol. Maka muncullah suatu gagasan yang untuk menambahkan jenis interaksi antara pengguna dengan *game* sepakbola pada konsol, yaitu sebuah sistem yang dapat mengatur jarak tendangan pengguna saat bermain. Dalam pembuatan pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot ini diperlukan beberapa komponen. Komponen yang dimaksud antara lain sensor *Gyroscope* & *Accelerometer* (sensor MPU-6050), Arduino Nano, *Driver Motor* IBT, Motor DC, dan sebuah prototipe kaki robot. Dan juga pengaturan jarak tendangan kaki robot ini juga menggunakan metode PID sebagai kontroler. Pada pengujian jarak tendangan, berhasil ditarik kesimpulan bahwa semakin kecil nilai derajat kemiringan yang ada pada sensor maka semakin jauh jarak tendangan yang dapat dilakukan oleh prototipe kaki robot. Dan pada pengujian keseluruhan sistem kontrol berhasil mendapatkan nilai $L = 1,67s$ dan $T = 13,91$ yang kemudian digunakan rumus Zieger Nicolas 1 untuk mendapatkan nilai $K_p = 8,33$; $K_i = 2,49$; dan $K_d = 0,69$.

Kata kunci: prototipe kaki robot, pengaturan jarak tendangan, *gyroscope*, *accelerometer*, PID

ABSTRACT

Jodie Putra Kahir, *Implementation of Kick Distance Settings on a Robot Legs Prototype for Human Legs Using Gyroscope and Accelerometer Sensor With PID Method*

Mentor: Wijaya Kurniawan, S.T., M.T. dan Rizal Maulana, S.T., M.T., M.Sc.

In today's age there are many people from various circles and age levels who love to play games. Games that are usually played are divided on several platforms one of which is a console platform. But on the console platform it seems there is still a lack of type of interaction that can be done by users with games on the console. Then came the idea that to add the kind of interaction between the user and the game football on the console, which is a system that can regulate the distance of the user's kick while playing. In the manufacture of kick distance settings on the robot leg prototype is required several components. Such components include Gyroscope & Accelerometer (MPU-6050 sensor), Arduino Nano, IBT Motor Driver, DC Motor, and a prototype of robot legs. And also the distance settings of this robot kick also use PID method as a controller. In testing the distance kicks, successfully drawn the conclusion that the smaller the degree value of inclination on the sensor the further distance kick that can be done by robot legs prototype. And on testing the overall control system managed to get the value of $L = 1.67s$ and $T = 13.91$ which then used the formula Zieger Nicolas 1 to get the value $K_p = 8.33$; $K_i = 2.49$; and $K_d = 0.69$.

Keywords: robot legs prototype, kick distance settings, gyroscope, accelerometer, PID

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga laporan penelitian dengan judul “Implementasi Pengaturan Jarak Tendangan Prototipe Kaki Robot Pada Kaki Manusia Menggunakan Sensor Gyroscope Dan Accelerometer Dengan Metode PID” ini dapat terselesaikan. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Ibu **Fatmah Gandy** selaku orang tua, yang selalu memberikan doa, motivasi, kasih sayang, dukungan moril dan materil sebagai penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Fernando Klaas** selaku orang tua angkat dari penulis, yang selalu memberikan doa, motivasi, kasih sayang, dukungan moril dan materil sebagai penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. **Alm. Siti Maimunah** selaku nenek dari penulis, yang selalu memberikan doa, motivasi, kasih sayang, dukungan moril dan materil sebagai penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak **Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D.** selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
5. Bapak **Heru Nurwarsito, Ir., M.Kom.** selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer.
6. Bapak **Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D.** selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
7. Bapak **Sabriansyah Rizkiqa Akbar, S.T., M.Eng.** selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer yang sudah banyak membantu.
8. Bapak **Wijaya Kurniawan, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Bapak **Rizal Maulana, S.T., M.T., M.Sc.** selaku dosen pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Segenap Bapak Ibu dosen dan staf serta karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segenap ilmu pengetahuan yang diberikan.
11. **M. Kholis Fikri, Embris Nuresalandis, Arycca Septian Mulyana, M. Wingga Woggiasworo, Fauzi Awal Ramadhan, Galang Eiga Prambudi, Ponco Wiguna, Aras Nizamul Aryo Anwar, Samkhya Aparigraha, Poby Zaarifwandono, Ardy Frayogi, Afrianda Cahyapratama, Siti Rizky Amalia, Novanda Nuraniodi** terima kasih untuk dukungan dalam penyelesaian skripsi ini serta seluruh teman-teman sistem komputer angkatan 2012.
12. **Nabila Alyanur, Muhammad Sela Sulyadi, Mudjiburrahman Idrus, Patria Mahardika** untuk dukungan yang terus di berikan dalam penyelesaian skripsi ini dan pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis

harapkan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang menggunakannya.

Malang, 19 Juli 2018

Penulis

jodi.maggot@gmail.com



DAFTAR ISI

PENGESAHAN	2
PERNYATAAN ORISINALITAS	3
KATA PENGANTAR.....	5
ABSTRAK	7
ABSTRACT	8
DAFTAR ISI	9
DAFTAR TABEL.....	14
DAFTAR GAMBAR	15
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
BAB 1 PENDAHULUAN	16
1.1 Latar belakang.....	16
1.2 Rumusan masalah	17
1.3 Tujuan	17
1.4 Manfaat.....	18
1.5 Batasan masalah	18
1.6 Sistematika pembahasan.....	18
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	20
2.1 Tinjauan Pustaka	20
2.2 Dasar teori.....	21
2.2.1 Robot Berkaki	21
2.2.2 Sensor <i>Gyroscope</i> dan <i>Accelerometer</i>	22
2.2.3 Arduino Nano	24
2.2.4 <i>Driver</i> Motor IBT 2 H-Bridge.....	25
2.2.5 Motor DC.....	25
2.2.6 Kontroler PID	27
2.2.7 Kalman Filter	30
BAB 3 METODOLOGI	31
3.1 Metodologi Penelitian	31
3.1.1 Studi Literatur	31
3.1.2 Analisis Kebutuhan	31
3.1.3 Perancangan Sistem	32

3.1.4 Implementasi Sistem.....	33
3.1.5 Pengujian.....	33
3.1.6 Kesimpulan.....	34
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN.....	35
4.1 Rekayasa Kebutuhan Umum Sistem.....	35
4.1.1 Tujuan.....	35
4.1.2 Fungsi.....	35
4.1.3 Karakteristik Pengguna.....	35
4.1.4 Batasan Sistem.....	35
4.1.5 Asumsi dan Ketergantungan.....	36
4.2 Kebutuhan Antarmuka.....	36
4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Pengguna.....	36
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	36
4.2.3 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	37
4.3 Kebutuhan Fungsional.....	37
4.4 Kebutuhan Non-Fungsional.....	38
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI.....	39
5.1 Perancangan Sistem.....	39
5.1.1 Gambaran Umum Sistem.....	39
5.1.2 Perancangan Perangkat Keras.....	40
5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	43
5.2 Implementasi Sistem.....	45
5.2.1 Implementasi Perangkat Keras.....	45
5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak.....	46
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	49
6.1 Pengujian Nilai Kp, Ki, dan Kd.....	49
6.1.1 Tujuan.....	49
6.1.2 Prosedur Pengujian.....	49
6.1.3 Hasil Pengujian.....	49
6.1.4 Analisa Pengujian.....	51
6.2 Pengujian Jarak Tendangan.....	51
6.2.1 Tujuan.....	51

6.2.2 Prosedur Pengujian	51
6.2.3 Hasil Pengujian	52
6.2.4 Analisa Pengujian	52
6.3 Pengujian Akurasi Sensor.....	52
6.3.1 Tujuan.....	52
6.3.2 Prosedur Pengujian	52
6.3.3 Hasil Pengujian	53
6.3.4 Analisa Pengujian	53
BAB 7 PENUTUP	54
7.1 Kesimpulan.....	54
7.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN A <i>Source Code</i> Program	58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano.....	24
Tabel 2.2 Spesifikasi Driver Motor IBT 2 H-Bridge	25
Tabel 2.3 Spesifikasi Motor DC Geared.....	27
Tabel 3.1 Kebutuhan Perangkat Keras	32
Tabel 5.1 Pin Arduino Nano	43
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Jarak Tendangan	52
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Akurasi Sensor	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Macam-Macam Robot Berkaki.....	22
Gambar 2.2 Sensor MPU-6050.....	23
Gambar 2.3 Konfigurasi Sensor MPU-6050	23
Gambar 2.4 Board Arduino Nano.....	24
Gambar 2.5 Driver Motor IBT 2 H-Bridge.....	25
Gambar 2.6 Motor Listrik DC	26
Gambar 2.7 Prinsip Kerja Motor Listrik DC	26
Gambar 2.8 Diagram Blok Kontroler PID	28
Gambar 3.1 Diagram Alur Metode Penelitian	31
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem	33
Gambar 5.1 Perancangan Sistem	39
Gambar 5.2 Flowchart Program.....	40
Gambar 5.3 Desain Prototipe Kaki Robot	41
Gambar 5.4 Rangkaian Komponen Sistem.....	42
Gambar 5.5 Rancangan Sistem Kontrol	44
Gambar 5.6 Rancangan Kontroler PID	44
Gambar 5.7 Prototipe Kaki Robot	45
Gambar 5.8 Implementasi Mikrokontroler Arduino Nano dan Sensor MPU-6050	46
Gambar 5.9 Implementasi Driver Motor IBT 2 H-Bridge	46
Gambar 6.1 Grafik Karakteristik <i>Static Gain</i> Keadaan Dengan Beban.....	50
Gambar 6.2 Hasil Akhir Grafik Kontroler PID	51

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Saat ini perkembangan teknologi di Indonesia sudah mulai berkembang dengan pesat, khususnya pada pengembangan dalam teknologi robot. Secara definisi robot merupakan seperangkat alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, dalam pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah diatur sedemikian rupa sesuai dengan keinginan manusia. Robot sebagai mana yang kita ketahui memiliki banyak sekali kegunaan dalam berbagai bidang, antara lain bidang industri, kesehatan, otomotif, pertanian, dan lainnya. Pada zaman ini kebanyakan orang telah mengenal robot, namun pengertian dari robot itu sendiri terkadang memiliki paham yang berbeda setiap orangnya. Teknologi robot saat ini sudah mampu membantu kinerja manusia dalam bekerja maupun dalam memecahkan suatu masalah.

Robot juga mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh manusia pada umumnya. Salah satunya yaitu robot dapat melakukan suatu pekerjaan secara berulang-ulang tanpa menimbulkan suatu kondisi yang biasa disebut kelelahan oleh manusia. Robot juga dapat di program sesuai dengan keinginan penggunanya sehingga dapat digunakan untuk melaksanakan beberapa fungsi lainnya. Robot juga dapat mengerjakan suatu perintah yang diberikan dengan tingkat akurasi atau presisi yang sangat tinggi. Robot juga dapat menggantikan manusia dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan beresiko tinggi yang dapat membahayakan manusia (Swetha, 2013).

Dalam penggunaan teknologi robot dalam bidang industri dikenal suatu jenis robot yaitu robot kaki dan robot lengan. Kebanyakan kedua jenis robot tersebut digunakan pada bidang industri dalam bagian produksi. Robot kaki dapat meniru pergerakan kaki manusia dan dapat dimanfaatkan dalam beberapa fungsi. Salah satu metode yang digunakan untuk meniru pergerakan kaki yaitu dengan menentukan posisi koordinat *end effector* (Setiawan, et al., 2015) (Huang, et al., 2013). Metode lain yang dapat digunakan yaitu jika suatu pergerakan kaki yang telah dilakukan oleh pengguna terbaca oleh sensor *accelerometer* maka *output-nya* dapat dimanipulasi menjadi sebuah gerakan pada kaki robot (Reddy, et al., 2013).

Pada zaman sekarang sudah banyak orang dari berbagai kalangan maupun tingkatan umur yang gemar bermain *game*. *Game* yang biasa dimainkan terbagi pada beberapa *platform* salah satunya adalah *platform* konsol. Tetapi pada *platform* konsol terlihat masih kurangnya jenis interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna dengan *game* pada konsol. Seperti halnya dalam *game* sepakbola, jika pengguna ingin melakukan tendangan maka interaksi yang dapat dilakukan adalah menekan salah satu tombol yang ada pada *joystick*. Maka muncullah suatu gagasan yang untuk menambahkan jenis interaksi antara pengguna dengan *game* sepakbola pada konsol, yaitu sebuah sistem yang dapat mengatur jarak tendangan pengguna saat bermain.

Dalam pembuatan pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot ini diperlukan beberapa komponen. Komponen yang dimaksud antara lain sensor *Gyroscope & Accelerometer* (sensor MPU-6050), Arduino Nano, *Driver Motor IBT*, Motor DC, dan sebuah prototipe kaki robot. Dan juga pengaturan jarak tendangan kaki robot ini juga menggunakan metode PID sebagai kontroler. Untuk dapat meniru gerakan kaki maka digunakan sensor MPU-6050 yang di dalamnya terdapat *Gyroscope* yang merupakan sensor yang dapat mendeteksi nilai derajat kemiringan sebuah benda, yang mana jika sebuah benda bergerak ke suatu arah dan menghasilkan nilai derajat kemiringan maka sensor dapat membaca tingkat kemiringan dari benda tersebut. Di dalam sensor MPU-6050 juga terdapat *Accelerometer* yang merupakan sebuah sensor yang dapat mengetahui kecepatan dari sebuah benda.

Sensor MPU-6050 nantinya akan ditempatkan di kaki pengguna, kemudian kaki melakukan sebuah pergerakan ke belakang dikarenakan pada posisi inilah kaki menghasilkan suatu nilai kemiringan yang nantinya dapat dibaca oleh sensor. Lalu nilai derajat yang dihasilkan oleh sensor nantinya akan dikirimkan ke Arduino untuk diproses. Kemudian diteruskan lagi hasil dari Arduino ke *driver motor* yang telah tersambung dengan motor DC. Setelah itu motor DC akan menggerakkan prototipe kaki robot ke posisi ancang-ancang yang telah dilakukan di awal oleh pengguna. Pada saat pengguna melakukan pergerakan kaki ke depan dan rentetan proses yang sama akan dilakukan oleh sistem untuk mengerakkan prototipe kaki robot ke posisi menendang dan diakhir pengujian jarak tendangan dapat diukur sesuai dengan jarak yang dihasilkan. Berdasarkan dari penjelasan penulis diatas maka penulis membuat sebuah penelitian skripsi dengan judul "IMPLEMENTASI PENGATURAN JARAK TENDANGAN PROTOTIPE KAKI ROBOT PADA KAKI MANUSIA MENGGUNAKAN SENSOR GYROSCOPE DAN ACCELEROMETER DENGAN METODE PID."

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot menggunakan sensor MPU-6050?
2. Berapa jarak yang dapat dihasilkan ketika prototipe kaki robot melakukan tendangan ke sebuah objek?
3. Berapa rata-rata nilai akurasi dari sensor dan kontroler PID?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang dan menerapkan sistem pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot menggunakan sensor MPU-6050.
2. Menguji jarak objek yang dihasilkan ketika prototipe kaki robot menendang sebuah objek.

3. Menguji tingkat akurasi dari sensor dan kontroler PID sistem pengaturan jarak tendangan kaki robot.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dari implementasi dan perancangan pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot adalah:

1. Penulis berharap dapat menerapkan ilmu yang sudah didapatkan selama melakukan studi di Universitas Brawijaya.
2. Setelah dilakukan penelitian ini diharapkan dapat memahami cara kerja dan kinerja dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer*.
3. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memahami cara kerja dari metode PID serta penerapannya pada Arduino dan sensor yang digunakan.
4. Menambahkan jenis interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna *game* sepakbola pada platform konsol.

1.5 Batasan masalah

Agar penelitian lebih terfokus sesuai dengan sistem, maka penelitian ini dibatasi pada hal berikut:

1. Penggerak dibuat hanya di bagian kaki dengan menggunakan bahan besi.
2. Menggunakan sebuah kontroler sebagai pengontrol dari sistem.
3. Sistem dijalankan pada bidang datar.
4. Prototipe kaki robot bergerak ke depan dan belakang.

1.6 Sistematika pembahasan

Sistematika penulisan penelitian ditunjukkan untuk memberikan gambaran dan uraian dari penyusunan tugas akhir secara garis besar yang meliputi beberapa bab, sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Kepustakaan

Menguraikan dasar teori serta meninjau pustaka terkait penelitian dan perancangan implementasi pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot dengan menggunakan sensor *gyroscope* dan *accelerometer* serta kontroler PID.

BAB III Metodologi

Menguraikan tentang metode dan langkah kerja yang terdiri dari metodologi penelitian yang digunakan, rekayasa kebutuhan perangkat keras dan lunak, perancangan dan

- implementasi, pengujian dan analisis serta pengambilan kesimpulan dan pemberian saran.
- BAB IV Rekayasa Kebutuhan**
- Menguraikan tentang kebutuhan yang diperlukan oleh sistem dalam parameter umum, antarmuka, serta fungsional & non-fungsional.
- BAB V Perancangan dan Implementasi**
- Menguraikan proses perancangan perangkat keras dan lunak serta implementasinya pada sistem pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot.
- BAB VI Pengujian**
- Memuat tujuan, prosedur, hasil dan analisa pengujian terhadap sistem pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot.
- BAB VII Penutup**
- Memuat kesimpulan yang didapatkan dari perancangan, implementasi dalam pengujian sistem pengaturan jarak tendangan, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan studi literatur yang telah dilaksanakan oleh penulis, ditemukan adanya beberapa topik penelitian yang terkait dan topik penelitian tersebut menjadi landasan dari penelitian yang dilakukan penulis berjudul “Implementasi Pengaturan Jarak Tendangan Prototipe Kaki Robot Pada Kaki Manusia Menggunakan Sensor *Gyroscope* dan *Accelerometer* Dengan Metode PID.”

Penelitian pertama berjudul “*Using Gyroscope Technology to Implement a Leaning Technique for Game Interaction.*” Biasanya untuk memainkan sebuah *game* pada konsol diperlukan sebuah kontroler untuk mengendalikan permainan tersebut, salah satu contoh kontroler yang biasa digunakan adalah *joystick*. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem untuk mengganti kontroler *joystick* tersebut dengan sebuah *smartphone* yang di dalamnya tertanam sensor *gyroscope*, kemudian *smartphone* tersebut ditempelkan ke bagian batang tubuh. Hal ini dilakukan untuk membuat sebuah teknik interaksi antara pengguna dengan *game* terasa lebih nyata dengan menggerakkan bagian batang tubuh condong ke depan atau belakang untuk mengendalikan *game*. Namun pada penelitian ini tidak terdapat perhitungan nilai derajat yang biasanya dapat ditemukan jika menggunakan sensor *gyroscope*, serta tidak adanya penggunaan metode tertentu untuk membangun sistem (Swing, 2017).

Penelitian kedua berjudul “*Design and Implementation Unit Electronic Gesture Recognition Using the Accelerometer to Control the Robotic Arm Developed with Cortex-M3 Core.*” Penelitian ini merancang sebuah sistem yang berbasis *accelerometer* untuk dapat berkomunikasi dengan lengan robot industri secara nirkabel. Penelitian ini melibatkan desain serta implementasi lengan robot yang berbasis mikrokontroler LPC1768 Cortex-M3, yang dimana mikrokontrolernya terhubung dengan lengan robot bertenaga motor DC sebagai pengontrol dari gerakan lengan robot. Digunakan *accelerometer* ADXL335 yang nantinya akan menangkap gerakan dari lengan manusia dan juga *flex* sensor sebagai pengontrol dari gerakan menggenggam. Namun pada penelitian ini tidak terdapat pengaturan jarak yang bisa saja digunakan sebagai pengontrol kekuatan genggam lengan robot (Reddy, et al., 2013).

Berdasarkan penelitian yang telah dijabarkan diatas, maka penulis mengambil dua parameter yaitu sensor *gyroscope* dan *accelerometer* sebagai dasar dari penelitian yang akan dilakukan. Serta mengambil kelebihan dan kekurangan dari penelitian sebelumnya untuk merancang sebuah sistem yang lebih baik. Pada penelitian pertama, pengembangan yang dilakukan adalah menambahkan kontroler PID sebagai mekanisme *feedback* dan juga mengganti jenis interaksi ke sebuah prototipe kaki robot. Pada penelitian kedua, pengembangan yang dilakukan adalah menambahkan sebuah pengaturan jarak yang akan mengatur kuat tidaknya tendangan dari prototipe kaki robot berdasarkan dari nilai derajat

kemiringan yang akan dihasilkan oleh sensor serta menghitung kecepatan dari tendangan.

2.2 Dasar teori

Dasar teori berisi tentang teori-teori yang diperlukan dan berhubungan dalam perancangan penelitian yang diusulkan dengan topik Implementasi Pengaturan Jarak Tendangan Prototipe Kaki Robot Pada Kaki Manusia Menggunakan Sensor *Gyroscope* dan *Accelerometer* Dengan Metode PID.

2.2.1 Robot Berkaki

Selain robot beroda, terdapat jenis robot lain yang saat ini sedang banyak dikembangkan oleh para peneliti serta industri untuk dapat digunakan membantu kerja manusia. Bila diperlukan untuk mengganti manusia dalam melakukan suatu pekerjaan yang dianggap membutuhkan akurasi yang tinggi atau pekerjaan yang memiliki resiko tinggi yaitu robot berkaki. Robot digerakkan dengan menggunakan bantuan motor servo yaitu jenis motor yang rotasinya dapat dikontrol atau diatur sesuai dengan keinginan pengguna, dan bahkan pada saat ini terdapat servo yang canggih yang telah memiliki sebuah rangkaian didalamnya yang berfungsi sebagai pengontrol. Ada beberapa jenis robot berkaki yang dapat ditemukan beredar saat ini dan dapat dibedakan masing-masing dari banyaknya jumlah kaki yang dimiliki antara lain monoped, biped, quadpod, dan lainnya. Dengan tujuan sebagai media aplikasi nyata ataupun pembelajaran, robot berkaki tidak perlu memiliki badan ataupun bagian tubuh lain layaknya manusia, cukup dengan kaki sajapun tidak masalah. Robot berkaki mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing, yang biasanya hal ini disebabkan oleh dari seberapa rumit atau sulit pembuatannya (semakin rumit maka biasanya semakin banyak kegunaannya) dan juga bisa karena faktor harga.

Pada tahun 1973, Kato memulai penelitian tentang robot berjalan biped di Universitas Waseda dengan mengembangkan Wabot-1, robot manusia pertama yang berskala penuh. Robotnya bertenaga hidrolik dan menggunakan gaya statis. Sejumlah robot canggih kemudian dikembangkan di Waseda, yang terbaru adalah Wabian-2 (Ogura, et al., 2006). Pada 1980-an, Miura dan Shimoyama mengembangkan beberapa robot biped yang sangat kecil, terutama robot Biper-3 (Miura & Shimoyama, 1984) dengan kaki runcing. Robot dimodelkan dengan persamaan gerak linier (EoM). Robot distabilkan dengan menyesuaikan panjang langkah berdasarkan analisis siklus terbatas dari model robot linier yang disederhanakan. Berdasarkan teknologi Big Dog, robot berkaki empat juga dikembangkan oleh Boston Dynamics. Big Dog digerakkan oleh aktuator hidrolik dan dilengkapi dengan mesin pembakaran internal dan pompa (Raibert, et al., 2008). Big Dog merupakan robot yang dirancang untuk keperluan militer, sebagai pembawa amunisi ketika perang. Macam-macam robot berkaki dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Macam-Macam Robot Berkaki

Sumber : kelasrobot.com & bostondynamics.com

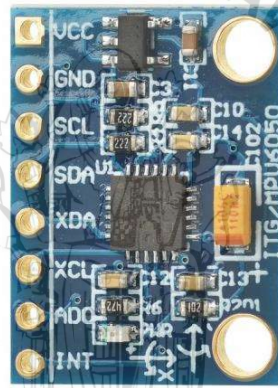
2.2.2 Sensor Gyroscope dan Accelerometer

Accelerometer adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur percepatan sebuah objek. Sensor *Accelerometer* dapat menangkap gerakan lengan manusia dan menghasilkan tiga tegangan keluaran analog pada sumbu tiga dimensi (Reddy, et al., 2013). *Accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur percepatan dinamis maupun percepatan statis. Pengukuran percepatan statis merupakan pengukuran terhadap gravitasi bumi, sedangkan pengukuran percepatan dinamis merupakan pengukuran percepatan pada sebuah objek yang bergerak. Cara menggunakan sensor *accelerometer* untuk mengetahui posisi dari sebuah objek yaitu dengan melakukan percepatan yang diulang sebanyak dua kali terhadap waktu.

Kata *gyroscope* berasal dari bahasa Yunani dan merupakan kombinasi dari kata-kata melihat dan rotasi. Seperti namanya, *gyroscope* digunakan untuk mengukur rotasi benda. *Gyroscope* tertua adalah *gyroscope* berputar, yang mirip dengan gasing karena menggunakan momentum sudut untuk menjaga

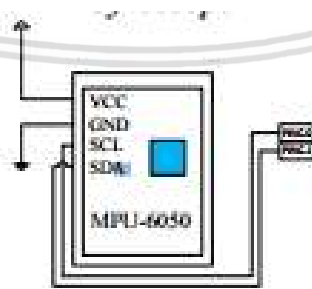
orientasinya. Efek yang membuat ini mungkin disebut presesi. Di zaman modern, jenis *gyroscope* lain telah ditemukan yang tidak perlu berputar dan karena itu mengalami lebih sedikit gesekan dan bertahan lebih lama. Sensor *gyroscope* dapat menentukan posisi dan kemiringan sebuah objek tanpa adanya getaran serta perubahan percepatan, sensor ini menentukan posisi dan kemiringan sebuah objek dengan mengukur kecepatan sudutnya dalam satuan ($^{\circ}/s$) (Swing, 2017).

Agar perangkat dapat menjadi lebih responsif kedua sensor tersebut harus terpasang secara bersama dalam satu perangkat elektronika. Contohnya kedua sensor ini digabung ke dalam sebuah perangkat elektronika yaitu sensor MPU-6050. Sensor MPU-6050 ini memerlukan tegangan sebesar 3,3V, modul ini memiliki regulator bertegangan 3,3V sehingga dapat terhubung ke tegangan sebesar 5V. Sensor ini memiliki dua buah *output* yaitu SCL dan SDA yang masing-masing terhubung ke PC.0 dan PC.1. Sensor MPU-6050 ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan juga untuk konfigurasi dari sensor MPU-6050 ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Sensor MPU-6050

Sumber : playground.arduino.cc



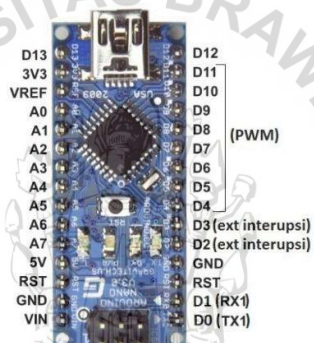
Gambar 2.3 Konfigurasi Sensor MPU-6050

Sumber : forum.arduino.cc

2.2.3 Arduino Nano

Arduino Nano adalah mikrokontroler yang dirilis oleh Arduino dan merupakan *board* terkecil yang dimiliki Arduino (Arduino, 2018). Arduino Nano menggunakan mikrokontroler ATmega168 untuk Arduino Nano 2.x dan ATmega328 untuk Arduino Nano 3.x, tetapi dengan ukuran dan desain PCB yang berbeda. Arduino Nano tidak dilengkapi *socket power supply*, tetapi terdapat pin untuk *power supply* eksternal atau dapat menggunakan *power supply* dari mini USB *port*. Arduino Nano sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat komputer (PC atau Laptop), maupun komunikasi antar *board* mikrokontroler yang lain.

ATmega168 dan ATmega328 dilengkapi dengan komunikasi serial UART TTL (5V), yang terdapat pada pin D0 dan pin D1 (Odinya, et al., 2017). *Board* juga dilengkapi sebuah IC FTDI 232 RL yang bisa dihubungkan langsung ke perangkat komputer untuk menghasilkan sebuah virtual com-port pada sistem operasi. *Board* Arduino Nano ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Board Arduino Nano

Sumber : arduino.cc

Untuk spesifikasi dari *board* Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	ATmega328
Operasi Voltage	5V
Tegangan input	7-12V
Input Voltage	6-20V
Digital I/O pin	14 pin (6 pin tersedia PWM)
Analog Input pin	6 pin
Arus DC per pin I/O	40 mA
Flash Memory	32 Mbyte
Kecepatan Clock	16MHz
EEPROM	1 KB

2.2.4 Driver Motor IBT 2 H-Bridge

Sistem kontrol dan analisisnya memiliki banyak kegunaan dalam pengaplikasiannya di dunia nyata. Salah satunya kegunaan dari *driver* motor ini adalah pengaturan untuk motor DC melalui *H-Bridge driver* motor dan juga sebagai penguat sinyal (Workshop, 2018). Penggunaan *H-Bridge* dikarenakan metode kontrol dan rangkaianannya yang terbilang sederhana. Dengan memberikan bit *High/Low* dan PWM pada *H-Bridge*, motor DC dapat dikontrol pergerakannya sesuai dengan yang diinginkan. *Driver* Motor IBT 2 H-Bridge dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Driver Motor IBT 2 H-Bridge

Sumber : hessmer.org

Untuk spesifikasi dari *driver* motor IBT 2 H-Bridge dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Driver Motor IBT 2 H-Bridge

Input Voltage	6V – 27 V
Maximum Current	43 A
Input Level	3.3V – 5V

2.2.5 Motor DC

Motor listrik DC adalah sebuah perangkat elektromagnetik yang dapat mengubah energi listrik menjadi gerakan atau energi kinetik. Motor listrik DC juga bisa disebut sebagai motor arus searah. Sesuai dengan namanya, motor listrik DC mempunyai dua terminal serta memerlukan tegangan arus searah atau *Direct Current* (DC) untuk dapat menggerakkannya. Motor listrik DC ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah

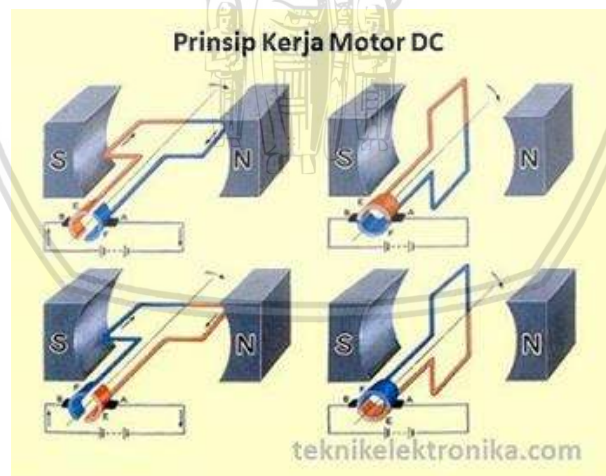
Revolutions Per Minute (RPM). Motor listrik DC tersedia dalam berbagai ukuran RPM dan bentuk (Lampung, 2016).

Motor listrik DC dapat dibuat berputar searah jarum jam (*clockwise*) dan apabila polaritas listriknya dibalikkan maka perputaran motor menjadi berlawanan arah jarum jam (*counter-clockwise*). Apabila tegangan yang diberikan ke Motor listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Motor listrik DC dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan prinsip kerja motor listrik DC ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Motor Listrik DC

Sumber : zonaelektro.net



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Motor Listrik DC

Sumber : teknikelektronika.com

Untuk spesifikasi dari Motor DC Geared dapat dilihat pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Spesifikasi Motor DC Geared

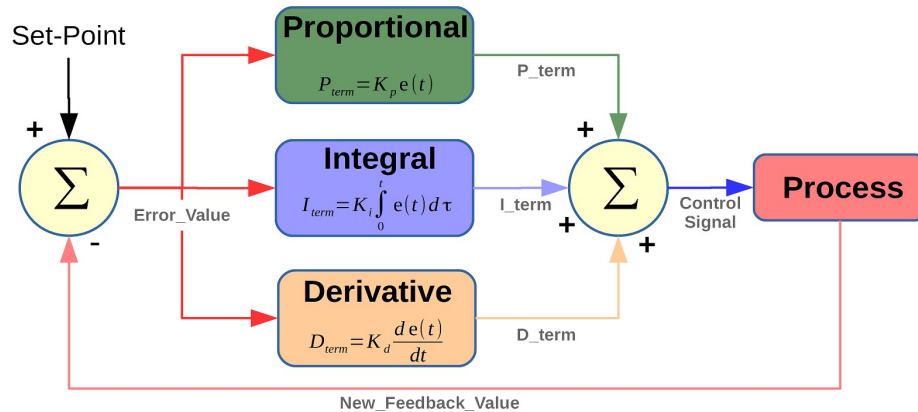
Tegangan Input	12V
Arus	4A
Kecepatan	500 RPM
Torsi	100 kg.cm
Dimensi body	panjang 12,5 cm x diameter 5 cm
Dimensi shaft	panjang 1,5 cm x diameter 1,5 cm
Berat	930 gram

2.2.6 Kontroler PID

PID (*Proportional-Integral-Derivative controller*) adalah kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya *feedback* pada sistem tersebut. Kontroler PID adalah bentuk *feedback* yang paling umum. Kontroler PID adalah elemen penting dan menjadi sebuah standar ketika kontrol proses muncul pada tahun 1940-an. Dalam kontrol proses saat ini, lebih dari 95% dari *loop* kontrol adalah tipe PID, kebanyakan *loop* sebenarnya adalah kontrol PI. Kontroler PID saat ini ditemukan di semua area tempat kontrol digunakan. Pengontrol ada dalam berbagai macam bentuk. Ada sistem yang berdiri sendiri dalam suatu kotak untuk satu atau beberapa *loop*.

Kontrol PID adalah bagian penting dari sistem kontrol terdistribusi. Kontroler juga tertanam dalam banyak sistem kontrol tujuan khusus. Kontrol PID sering dikombinasikan dengan logika, fungsi sekuensial, pemilih, dan blok fungsi sederhana untuk membangun sistem otomasi yang rumit yang digunakan untuk produksi energi, transportasi, dan manufaktur. Banyak strategi kontrol yang canggih, seperti kontrol prediktif model, juga diatur secara hierarkis. Kontrol PID digunakan pada tingkat terendah; pengontrol multivariabel memberikan setpoint ke pengendali pada tingkat yang lebih rendah.

Komponen PID terdiri dari tiga jenis yaitu *Proportional*, *Integrative* dan *Derivatif* dengan kelebihan serta kekurangannya masing-masing. Ketiganya dapat digunakan secara individu maupun secara bersamaan tergantung dari respon yang diinginkan oleh pengguna terhadap suatu *plant*. Diagram blok kontroler PID dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram Blok Kontroler PID

Sumber : info-elektro.com

2.2.6.1 Kontrol Proporsional

Kontrol proporsional berfungsi sebagai penguat sinyal kesalahan penggerak (sinyal error), sehingga akan mempercepat *output* sistem untuk mencapai titik yang diinginkan. Penggunaan kontrol proporsional mempunyai beberapa keterbatasan dikarenakan sifat kontrol yang tidak dinamis. Meskipun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol proporsional ini mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya *rise time* dan *settling time*. Hubungan antara input kontroler $u(t)$ dengan sinyal error $e(t)$ terlihat pada Persamaan 1.

$$u(t) = K_p e(t) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$u(t)$: sinyal *output* PID

K_p : konstanta proporsional

$e(t)$: sinyal error = referensi – keluaran plant = set point – nilai sensor

2.2.6.2 Kontrol Integral

Kontrol integral berdasarkan prinsipnya bertujuan untuk menghilangkan kesalahan keadaan *offset* yang biasanya dihasilkan dari *output* kontrol proporsional. Kontrol *I* dapat menghilangkan sekaligus memperbaiki respon *steady-state*, namun pemilihan K_i yang tidak tepat akan berdampak pada respon transien yang tinggi sehingga berakibat terjadinya ketidakstabilan sistem. Pemilihan K_i yang tinggi dapat menyebabkan *output* berosilasi karena menambah orde sistem. Hubungan antara *output* kontrol integral $u(t)$ dengan sinyal error $e(t)$ terlihat pada Persamaan 2.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$u(t)$: sinyal *output* PID

K_i : konstanta integral (K_p/T_i)

$e(t)$: sinyal error = referensi – keluaran plant = set point – nilai sensor

2.2.6.3 Kontrol Derivatif

Kontrol derivatif biasa disebut pengendali laju, dikarenakan *output* kontroler sebanding dengan laju perubahan sinyal *error*. Hubungan antara *output* kontrol derivatif $u(t)$ dengan sinyal error $e(t)$ terlihat pada Persamaan 3. Dengan sifat ini maka kontrol derivatif dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi *error* yang akan terjadi. Kontrol derivatif hanya akan berubah ketika terjadi perubahan *error* sehingga saat *error* statis kontrol ini tidak dapat bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kontroler derivatif tidak dapat dipakai sendiri. Sehingga didapatkan Persamaan 4 dan 5.

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (3)$$

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (4)$$

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

$u(t)$: sinyal *output* PID

K_p : konstanta proporsional

T_i : waktu integral

T_d : waktu derivatif

K_i : konstanta integral (K_p/T_i)

K_d : konstanta derivatif ($K_p.T_d$)

$e(t)$: sinyal error = referensi – keluaran plant = set point – nilai sensor

Kontroler PID akan memberikan aksi kepada *Control Valve* tergantung dari besarnya *error* yang diperoleh. Karakteristik pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter yaitu *P*, *I* dan *D*. Pengaturan konstanta K_p , K_i dan K_d akan berdampak pada penonjolan sifat dari setiap elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat diatur lebih

menonjol dibandingkan yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

2.2.7 Kalman Filter

Kalman Filter adalah filter digital yang digunakan untuk menyaring *noise* pada serangkaian pengukuran yang diamati selama suatu interval waktu. Sebuah terobosan terbaru dimana berbagai macam filter telah berhasil dibuat berdasarkan penelitian sebelumnya seperti *Extended Kalman Filter* (EKF) dan *Unscented Kalman Filter* (UKF). Kalman Filter adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah estimasi *Linear Quadratic Gaussian* (LQG).

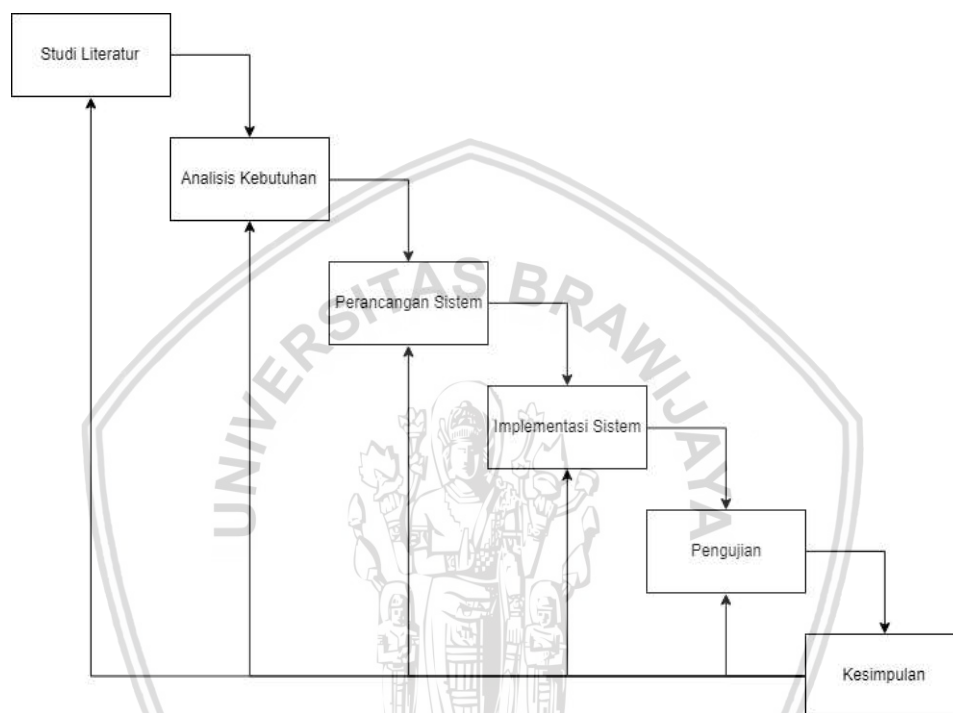
Kalman Filter beroperasi secara rekursif pada aliran data dari sistem yang dinamis untuk memberikan perkiraan optimal dari keadaan sistem saat ini. Kalman Filter memiliki banyak pengaplikasiannya di berbagai bidang seperti estimasi sistem *Power State* (Alemong, 2005) (Larson, et al., 1970), *Aircraft Guidance* dan sistem kontrol navigasi. Algoritma Kalman Filter didasarkan pada dua langkah; pertama langkah prediksi di mana perkiraan saat variabel keadaan, dengan suara acak disertakan diberikan. Langkah prediksi hanya melibatkan pengukuran data sebelum waktu di mana status sistem dihitung. Perkiraan ini digunakan bersama dengan pengukuran sebelumnya, dengan adanya *noise* Gaussian secara acak, untuk memberikan status sistem yang benar.

Algoritma bekerja dengan menggunakan model rata-rata tertimbang pada nilai yang diprediksi dan nilai saat ini. Filter bekerja dalam domain waktu diskrit. Varian lain, *Unscented Kalman Filter* (UKF) (Julier, 2004) digunakan ketika *state transition* dan model observasi sangat non-linear yaitu kasus dimana EKF memberikan kinerja yang buruk. Kalman filter juga telah terbukti memberikan hasil yang sangat baik dalam perpaduan data sensor (Caron, et al., 2006). Kalman Filter dalam perpaduan data sensor memperlakukan satu data sensor sebagai pengukuran dan lainnya sebagai prediksi. Kalman Filter sangat sering digunakan untuk mengintegrasikan unit GPS (*Global Positioning System*) dan unit IMU (*Inertial Measurement Unit*) yang digunakan pada transportasi udara dan transportasi luar angkasa.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Metodologi Penelitian

Di dalam metodologi penelitian ini digunakan metode penelitian *waterfall*. Metode ini meliputi beberapa hal antara lain adalah studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, serta kesimpulan. Metode penelitian *waterfall* tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Metode Penelitian

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur yaitu suatu proses dalam penelitian yang bertujuan untuk mengkaji serta meneliti dasar teori yang dapat membantu penulis dalam merancang dan mengimplementasikan sistem. Dalam studi literatur ini, penulis mengkaji teori-teori yang terkait dengan penelitian. Beberapa penelitian yang digunakan sebagai rujukan literasi kebutuhan didapatkan dari buku, jurnal, e-book, dokumentasi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian. Referensi utama yang digunakan dalam penulisan ini didapatkan dari forum yang berhubungan dengan komponen sensor *gyroscope* dan *accelerometer* serta metode kontroler PID.

3.1.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan berfungsi untuk memperoleh berbagai macam kebutuhan yang dibutuhkan dalam perancangan sistem yang akan dibuat serta diujikan. Analisis kebutuhan dilaksanakan untuk mengetahui kebutuhan sistem

dan komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan penelitian ini. Dalam analisis kebutuhan akan terjadi proses mengenali komponen yang digunakan seperti komponen perangkat keras dan komponen perangkat lunak. Dengan adanya proses pengenalan tersebut maka dapat membantu dalam perancangan dan implementasi pada saat pembuatan sistem.

3.1.2.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang diperlukan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kebutuhan Perangkat Keras

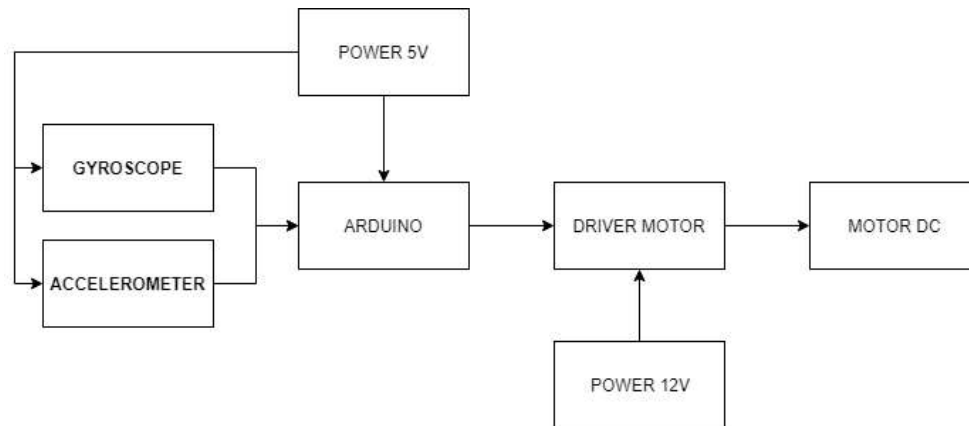
Nama perangkat	Kegunaan
Prototipe Kaki Robot	Sebagai objek implementasi sistem
Arduino Nano	Sebagai Mikrokontroler
Sensor MPU-6050	Sebagai pendeteksi kemiringan dan kecepatan
Driver Motor IBT 2 H-Bridge	Sebagai pengatur motor DC dan penguat sinyal
Motor DC	Sebagai penggerak prototipe kaki robot
Accu	Sebagai <i>power supply</i>

3.1.2.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang diperlukan dalam mengembangkan sistem yang dapat menerima serta mengirimkan data dari sensor dan mengendalikan motor DC pada prototipe kaki robot merupakan perangkat lunak yang tidak memerlukan lisensi tertentu untuk menggunakannya dan bersifat *open source*. Berdasarkan dari penjelasan sebelumnya maka *library* Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang tepat digunakan dalam penelitian ini karena sifatnya yang *open source* dan tidak memerlukan lisensi tertentu dalam penggunaannya. Arduino IDE dipasangkan *library* dari perangkat yang terkait dalam perancangan sistem yang nantinya berfungsi untuk melakukan proses pengontrolan pada perangkat.

3.1.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap proses selanjutnya setelah menganalisis kebutuhan sistem. Penggunaan diagram blok memungkinkan rancangan sistem ini mudah untuk dipahami. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat penjabaran perancangan sistem perangkat keras secara keseluruhan.



Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 3.2 terlihat sensor yang digunakan adalah sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*). Sensor tersebut menerima daya sebesar 5V dari *power supply* yang digunakan. Sensor dan *power supply* 5V terhubung langsung dengan Arduino yang bertindak sebagai mikrokontroler pada sistem ini. Arduino mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *driver motor*. *Driver motor* menggunakan daya sebesar 12V dari *power supply* berupa *accu* agar dapat berfungsi sesuai kegunaannya. Data yang telah diterima oleh *driver motor* akan diteruskan ke motor DC untuk menggerakkan prototipe kaki robot.

3.1.4 Implementasi Sistem

Berdasarkan perancangan sistem yang telah dibuat maka dapat dilakukan implementasi sistem secara keseluruhan. Pada tahap proses ini terdapat beberapa proses implementasi, antara lain yaitu implementasi prototipe kaki robot, implementasi Arduino Nano, implementasi sensor MPU-6050 dan implementasi *driver motor* IBT 2 H-Bridge.

3.1.5 Pengujian

Pengujian dilakukan agar sistem dapat menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi sesuai yang diharapkan. Beberapa pengujian yang akan dilaksanakan antara lain:

1. Pengujian nilai akurasi sensor *accelerometer* dan *gyroscope*;
2. Pengujian jarak tendangan yang dihasilkan oleh prototipe kaki robot;
3. Pengujian nilai PID terhadap sistem.

Setelah dilakukan pengujian, maka akan dilakukan analisis terhadap hasil dari pengujian tersebut dengan berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengujian. Dengan begitu akan dapat diketahui mengenai kinerja dari sistem.

3.1.6 Kesimpulan

Kesimpulan dapat dilaksanakan setelah semua tahap proses dari awal hingga akhir telah dilaksanakan. Isi dari kesimpulan merupakan jawaban dari rumusan masalah. Pemberian saran dilaksanakan agar peneliti selanjutnya dapat mengembangkan penelitian ini berdasarkan dari kekurangan dan masalah yang dihadapi oleh penulis.



BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Rekayasa Kebutuhan Umum Sistem

4.1.1 Tujuan

Perancangan sistem ini bertujuan untuk menguraikan bagaimana cara penulis membangun sistem pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot agar:

1. Prototipe kaki robot dapat meniru gerakan kaki pengguna serta mengatur atau menghitung jarak tendangan pengguna berdasarkan dari nilai derajat kemiringan yang terdeteksi ketika pengguna melakukan gerakan menendang (pengambilan anjang-ancang atau kaki pengguna mundur/ ke belakang).
2. Dapat mengubah atau menggantikan teknik interaksi antara pengguna dengan *game* sepakbola pada sebuah konsol yang biasanya dalam mengontrol *game* tersebut menggunakan sebuah *joystick*.

4.1.2 Fungsi

Dalam perancangan sistem pengaturan jarak tendangan kaki ini, dibutuhkan beberapa komponen antara lain sensor *gyroscope* dan *accelerometer*, mikrokontroler Arduino Nano, *driver* motor, motor DC, dan prototipe kaki robot. Kegunaan dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer* adalah untuk menentukan nilai derajat kemiringan dari kaki pengguna, serta menentukan percepatannya. Mikrokontroler Arduino Nano berguna sebagai media komunikasi antara komputer dengan Arduino Nano dan komunikasi antara Arduino Nano dengan komponen lainnya, mikrokontroler nantinya akan mendapatkan data nilai derajat kemiringan dan percepatan dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer* dan kemudian meneruskannya ke *driver* motor. *Driver* motor berguna sebagai pengatur kecepatan perputaran dari motor DC yang pada sistem ini bertugas sebagai penggerak prototipe kaki robot. Kegunaan prototipe kaki robot adalah sebagai peniru gerakan dari kaki pengguna, dimulai dari inisiasi gerakan menendang bola atau melakukan anjang-ancang menendang (posisi kaki mundur/ke belakang) hingga terjadinya ayunan kaki atau penendangan bola oleh pengguna (posisi kaki maju/ ke depan).

4.1.3 Karakteristik Pengguna

Karakteristik pengguna pada sistem ini yaitu bersifat aktif dikarenakan pengguna dapat melakukan inisiasi fungsi pada sistem dengan memasang alat pada kaki.

4.1.4 Batasan Sistem

Batasan-batasan yang ada pada sistem pengaturan jarak tendangan antara lain:

1. Alat harus diletakkan pada bidang tanah yang rata;

2. Alat tidak dapat bekerja dalam kondisi cuaca hujan;
3. Alat hanya akan meniru gerakan kaki pengguna hingga nilai derajat kemiringan sebesar 180° .
4. Alat hanya akan menghitung percepatan kaki pengguna pada kecepatan tertentu.

4.1.5 Asumsi dan Ketergantungan

Asumsi dan ketergantungan yang ada pada sistem ini adalah sensor *gyroscope* dan *accelerometer* akan membaca nilai derajat kemiringan dan percepatan secara kontinyu.

4.2 Kebutuhan Antarmuka

Kebutuhan antarmuka adalah kebutuhan untuk menghubungkan antara sistem dengan pengguna sistem itu sendiri. Pada kebutuhan antarmuka dibagi menjadi 3 bagian yaitu kebutuhan antarmuka pengguna, kebutuhan perangkat keras, dan kebutuhan perangkat lunak.

4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Pengguna

Kebutuhan antarmuka pengguna yang diperlukan pada sistem ini adalah sistem yang terhubung dengan komponen prototipe kaki robot dapat meniru gerakan kaki pengguna.

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang diperlukan pada sistem ini antara lain:

1. Sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*)
 - Membutuhkan tegangan sebesar 3,3V, tetapi modul ini juga telah dilengkapi regulator sehingga dapat langsung dihubungkan ke tegangan sebesar 5V;
 - Sebagai penentu nilai derajat kemiringan dan percepatan.
2. Arduino Nano
 - Membutuhkan tegangan sebesar 5V;
 - Sebagai media komunikasi antara komputer dengan Arduino dan antara Arduino dengan komponen lainnya.
3. Driver Motor IBT 2 H-Bridge
 - Membutuhkan tegangan sebesar 5V;
 - Sebagai pengatur kecepatan motor DC.
4. Motor DC
 - Membutuhkan tegangan sebesar 12V;
 - Sebagai penggerak prototipe kaki robot.

5. Prototipe Kaki Robot berguna sebagai peniru gerakan kaki pengguna.

4.2.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang diperlukan pada sistem ini antara lain:

1. Windows 10 berfungsi sebagai sistem operasi dalam pengerjaan sistem;
2. Arduino IDE berfungsi sebagai tempat pembuatan *program/source code* dalam pengerjaan sistem.
3. Kalman Filter *library* berfungsi untuk menghitung sudut, laju dan bias dari *input accelerometer / magnetometer* dan *gyroscope*.

4.3 Kebutuhan Fungsional

Dalam perancangan dan implementasi sebuah sistem diperlukan sebuah kebutuhan fungsional yang merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi dalam perancangan sistem. Berikut merupakan kebutuhan fungsional untuk menunjang kinerja dari sistem agar sistem dapat berkerja seperti yang diharapkan:

1. Sistem dapat membaca nilai *input* dari sensor.
 - a. Penjelasan
Sistem diharuskan dapat membaca nilai derajat kemiringan dan percepatan dari sensor yang digerakkan oleh kaki pengguna.
 - b. Stimulus / Respon Sistem
Sensor *gyroscope* dan *accelerometer* menghasilkan data dari gerakan kaki pengguna, kemudian data tersebut dikirimkan ke mikrokontroler untuk diolah dan selanjutnya dikirimkan ke komponen lain.
 - c. Kebutuhan Fungsional
Fungsi digunakan agar pengguna dapat melakukan proses pembacaan sensor yang datanya dibutuhkan untuk menggerakkan prototipe kaki robot.
2. Mikrokontroler sebagai media komunikasi dapat menerima dan mengirimkan data.
 - a. Penjelasan
Mikrokontroler diharuskan dapat menerima data dari sensor dan mengirimkan data tersebut ke komponen lain, hingga pada akhirnya menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan.
 - b. Stimulus / Respon Sistem
Arduino Nano menerima data dari sensor dan data tersebut ditampilkan pada serial monitor, pada saat yang bersamaan data tersebut juga dikirimkan ke *driver* motor untuk mengatur kecepatan motor DC.

c. Kebutuhan Fungsional

Fungsi digunakan agar pengguna dapat menerima dan mengirimkan data dari dan ke komponen yang ada pada sistem.

3. Prototipe kaki robot dapat menghasilkan *output* sesuai dengan yang diinginkan.

a. Penjelasan

Prototipe kaki robot diharuskan dapat meniru gerakan kaki pengguna berdasarkan dari data yang telah dikirimkan oleh Arduino dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer*.

b. Stimulus / Respon Sistem

Prototipe kaki robot melakukan gerakan menendang dengan bantuan motor DC yang kecepatannya telah diatur oleh *driver* motor.

c. Kebutuhan Fungsional

Fungsi digunakan agar pengguna dapat menghasilkan *output* berupa tendangan sesuai dari gerakan kaki yang dilakukan sebelumnya.

4. Kontroler PID dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

a. Penjelasan

Kontroler PID dapat mengurangi nilai error yang muncul, serta dapat mengestimasi state *input/output* yang terkena *noise*.

b. Stimulus / Respon Sistem

Hasil nilai *output* yang diterima oleh *driver* motor sudah bebas dari *noise* dan error pada data yang muncul berkurang.

c. Kebutuhan Fungsional

Fungsi digunakan agar pengguna dapat menghasilkan data yang error sekecil mungkin disertai dengan hilangnya *noise* pada data.

4.4 Kebutuhan Non-Fungsional

Pada kebutuhan non-fungsional, diperlukan sebuah sumber daya yaitu penggunaan *accu* (aki motor) sebesar 12V dan 5A agar sistem dapat bekerja secara maksimal.

BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

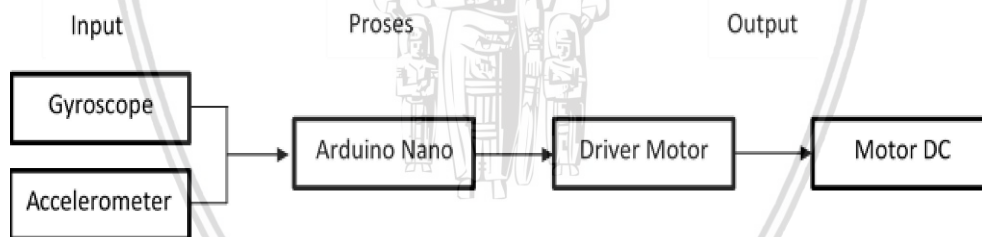
Bab ini berisi penjabaran tentang perancangan sistem pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot menggunakan sensor *gyroscope* dan *accelerometer* dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak, serta implementasi sistem secara keseluruhan.

5.1 Perancangan Sistem

Pada bagian ini akan dijelaskan tahap-tahap perancangan sistem pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

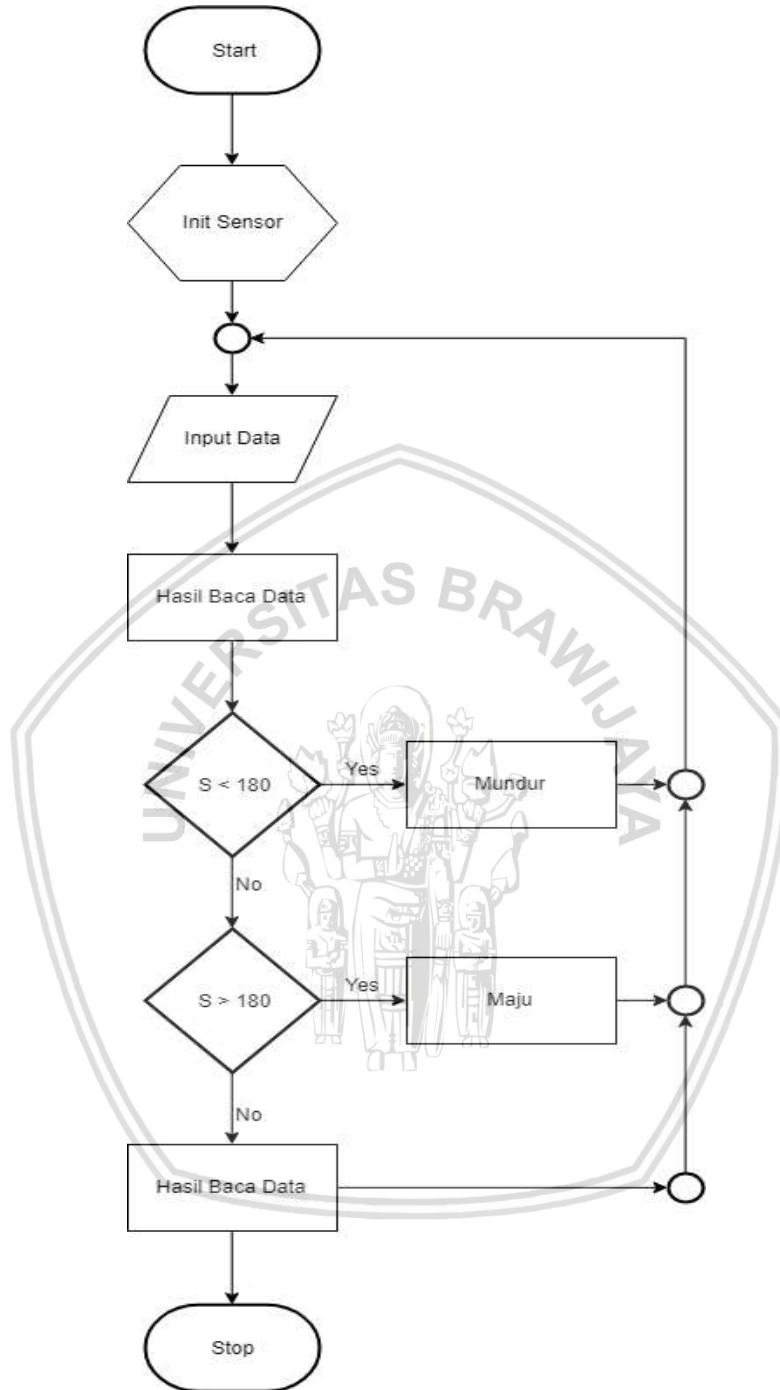
5.1.1 Gambaran Umum Sistem

Pada perancangan sistem pengaturan jarak tendangan ini menggunakan beberapa komponen antara lain sensor *gyroscope* & *accelerometer*, Arduino Nano, *driver* motor, dan motor DC. Sensor *gyroscope* dan *accelerometer* diletakkan pada kaki pengguna. Arduino Nano akan menerima dan memproses data *input* dari sensor berupa nilai derajat kemiringan, kemudian hasil dari proses data akan dikirimkan ke *driver* motor untuk nantinya data akan diteruskan ke motor DC agar dapat menghasilkan *output* berupa gerakan menendang pada prototipe kaki robot. Gambaran perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Perancangan Sistem

Pada bagian ini menggambarkan alur rancangan program untuk sistem pengaturan jarak tendangan pada sensor MPU-6050.



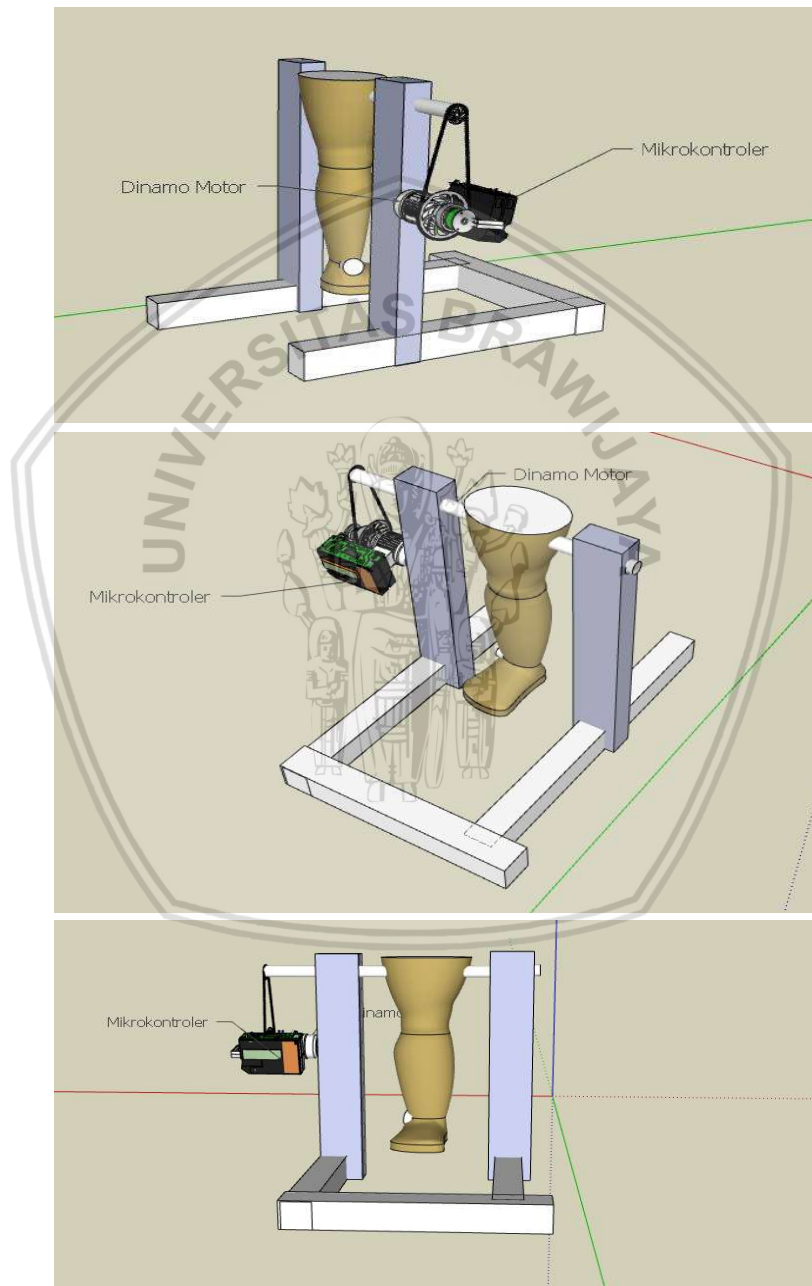
Gambar 5.2 Flowchart Program

5.1.2 Perancangan Perangkat Keras

5.1.2.1 Perancangan Prototipe Kaki Robot

Pada bagian ini akan dijelaskan perancangan perangkat keras sistem pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot. Perancangan prototipe

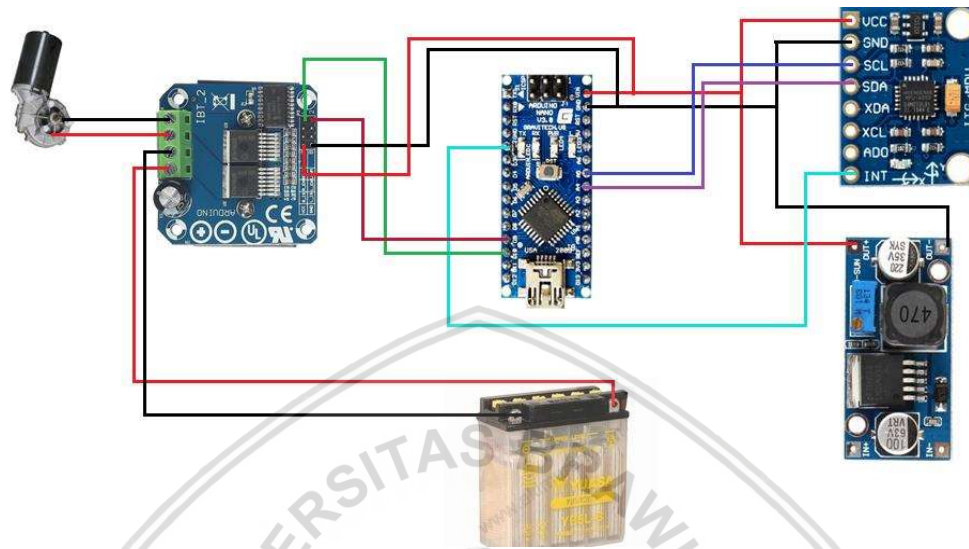
kaki robot dalam sistem menggunakan besi yang telah dibuat sesuai dengan desain rancangan. Pada prototipe kaki robot dipasang motor DC sebagai penggerak prototipe ketika data *output* telah diterima dari *driver* motor yang sebelumnya telah diproses pada mikrokontroler. Ketika data telah diterima oleh motor DC, maka prototipe kaki robot akan meniru gerakan kaki pengguna sesuai dengan nilai *output* yang diterima. Desain perancangan sistem prototipe kaki robot yang dibuat menggunakan SketchUp dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Desain Prototipe Kaki Robot

5.1.2.2 Perancangan Rangkaian Komponen Sistem

Dalam perancangan keseluruhan rangkaian komponen pada sistem dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Rangkaian Komponen Sistem

Rancangan komponen sistem menjelaskan tentang jalur pengiriman dan penerimaan data antar komponen pada sistem pengaturan jarak tendangan prototipe kaki robot. Komponen-komponen yang terdapat dalam rancangan ini antara lain 1 buah sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*), 1 buah mikrokontroler Arduino Nano, 1 buah *driver* motor IBT 2 H-Bridge, dan 1 buah *accu* 12V.

5.1.2.3 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

Pada bagian ini akan ditunjukkan perancangan rangkaian dari mikrokontroler Arduino Nano. Perancangan rangkaian mikrokontroler dalam sistem ini yaitu memperlihatkan rangkaian komunikasi penerimaan dan pengiriman data dari dan ke mikrokontroler. Mikrokontroler membutuhkan tegangan *input* sebesar 5V dengan menggunakan regulator IC7805. Pin VIN terhubung pada pin *output+* di komponen stepdown. Pin GND terhubung pada pin GND di sensor MPU-6050. Pin A4 dan A5 terhubung pada pin SCL dan SDA di sensor MPU-6050 sebagai jalur komunikasi antara kedua komponen. Pin D2 terhubung pada pin INT di sensor MPU-6050 sebagai interrupt. Pin D9 dan D10 terhubung pada pin 1 dan 2 di *driver* motor sebagai jalur komunikasi kecepatan motor. Tabel pin yang digunakan pada mikrokontroler dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pin Arduino Nano

No	Pin	Fungsi
1	VIN	<i>Power supply</i>
2	GND	<i>Ground</i>
3	A4	Komunikasi I ² C
4	A5	Komunikasi I ² C
5	D2	<i>Interrupt</i>
6	D9	Motor_IN_A
7	D10	Motor_IN_B

5.1.2.4 Perancangan Rangkaian Sensor *Gyroscope* dan *Accelerometer* (MPU-6050)

Pada bagian ini akan ditunjukkan perancangan rangkaian dari sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*). Perancangan rangkaian sensor *gyroscope* dan *accelerometer* dalam sistem ini yaitu memperlihatkan rangkaian komunikasi pengiriman data dari sensor ke mikrokontroler. Sensor membutuhkan tegangan *input* sebesar 3,3V yang telah tersedia pada pin VIN di Arduino Nano. *Ground* pada sensor terhubung pada pin GND di Arduino Nano dan terhubung dengan *ground* pada *stepdown*. Pin SCL dan SDA pada sensor terhubung pada pin analog A4 dan A5 di Arduino Nano. Dan pin INT pada sensor terhubung pada pin digital D2 di Arduino Nano.

5.1.2.5 Perancangan Rangkaian Driver Motor IBT 2 H-Bridge

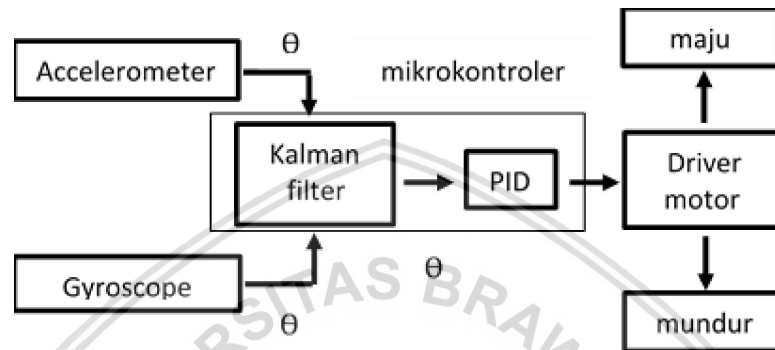
Pada bagian ini akan ditunjukkan perancangan rangkaian dari *driver* motor. Perancangan rangkaian *driver* motor dalam sistem ini yaitu memperlihatkan rangkaian komunikasi pengiriman data *driver* motor ke motor DC dan dari mikrokontroler ke *driver* motor. *Driver* motor membutuhkan tegangan *input* sebesar 5V untuk menguatkan sinyal yang berasal dari mikrokontroler. Pin 1 dan 2 pada *driver* terhubung dengan pin digital D9 dan D10 di Arduino Nano. Pin 7 terhubung dengan catu daya, sedangkan pin 8 terhubung dengan *ground*.

5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak

5.1.3.1 Perancangan Sistem Kontrol

Kalman Filter di implementasi pada prototipe kaki robot. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan metode linear agar lebih mudah pada saat implementasi. Agar bisa menghilangkan *drift* pada *output* sensor *gyroscope* dapat digunakan data dari sensor *accelerometer* dengan bantuan Kalman Filter, bersamaan dengan proses ini *noise* dapat diminimalisir bahkan ditiadakan dari sensor *accelerometer*.

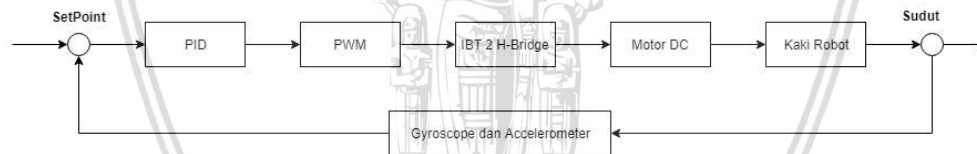
Dalam proses ini juga *noise* dari sensor *accelerometer* dapat diminimalkan bahkan dihilangkan. Metode Kalman Filter pada penelitian ini hanya digunakan berdasarkan *library* yang telah disediakan oleh Arduino, tidak sampai melakukan perhitungan secara matematis. Sistem yang telah berhasil dibuat dapat meniru gerakan kaki pengguna, hal ini dapat dilakukan dengan cara mendeteksi nilai derajat kemiringan dari sensor *gyroscope* kemudian data tersebut dikirim ke motor DC untuk melakukan gerakan menendang. Rancangan sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Rancangan Sistem Kontrol

5.1.3.2 Perancangan Kontroler PID

Perancangan kontroler PID yang sesuai dengan rancangan sistem lainnya dibuat dalam sebuah diagram blok dapat di lihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Rancangan Kontroler PID

Diagram pada gambar diatas mempunyai keterangan sebagai berikut:

1. *Setpoint* sistem adalah nilai derajat pada prototipe kaki robot dan kecepatan motor yang dihasilkan oleh karakteristik *driver* motor dengan tegangan sebesar 12V.
2. Kontroler yang digunakan merupakan kontrol PID dengan metode *hard tunning*.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano yang bertindak sebagai pemroses data dan pusat pengendalian sistem serta memberikan sinyal PWM pada motor DC melalui *driver* motor IBT 2 H-Bridge.
4. Motor DC sebesar 12V berperan sebagai aktuator yang berfungsi untuk menggerakkan prototipe kaki robot yang mendapat sinyal *input* dari *output* driver motor IBT 2 H-Bridge.
5. Sensor MPU-6050 berfungsi untuk menentukan kecepatan dan nilai derajat pada prototipe kaki robot.

5.2 Implementasi Sistem

5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

5.2.1.1 Implementasi Prototipe Kaki Robot

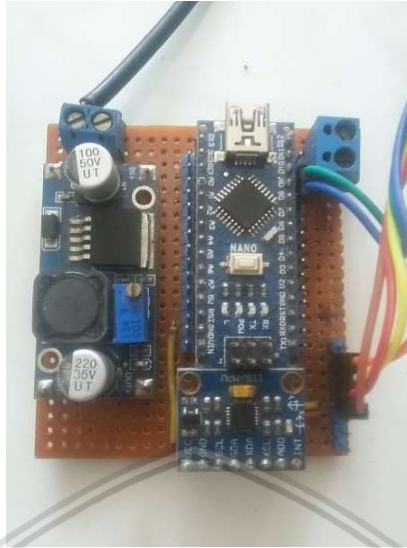
Pada implementasi prototipe kaki robot disesuaikan dengan desain yang telah dibuat menggunakan bahan besi dengan ukuran panjang 45cm x tinggi 60cm. Terdapat motor DC yang terpasang pada bagian samping prototipe kaki robot yang berfungsi sebagai akuator atau penggerak dari prototipe kaki robot yang bekerja ketika data *output* dari *driver* motor telah diterima. Kabel yang terpasang pada motor DC merupakan kabel yang digunakan untuk menterjemahkan data *output* yang berasal dari *driver* motor ke dalam bentuk gerakan. Prototipe kaki robot dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Prototipe Kaki Robot

5.2.1.2 Implementasi Mikrokontroler Arduino Nano dan Sensor MPU-6050

Pada implementasi mikrokontroler Arduino Nano dan sensor MPU-6050 sesuai dengan rancangan yaitu keduanya saling terintegrasi dalam satu *board*. Selain *port* untuk media pengiriman dan penerimaan, terdapat juga *port* untuk komunikasi serial monitor dengan Arduino IDE, *port* komunikasi I²C dan beberapa komponen lainnya. Implementasi mikrokontroler dan sensor dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Implementasi Mikrokontroler Arduino Nano dan Sensor MPU-6050

5.2.1.3 Implementasi Driver Motor IBT 2 H-Bridge

Pada implementasi *driver* motor sesuai dengan rancangan yang dibuat sebelumnya. Input *port* yang dipakai pada *driver motor* antara lain port VCC, GND, R_IS, R_EN, RPWM dan LPWM. *Driver* motor membutuhkan tegangan input sebesar 12V untuk *output* motor DC. *Driver* motor berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor DC dan untuk menguatkan sinyal Arduino dari 0-5V menjadi 0-12V. Selain *port* untuk media pengiriman dan penerimaan data, terdapat juga *port* yang menghubungkan *driver* motor dengan motor DC. Implementasi *driver* motor dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Implementasi Driver Motor IBT 2 H-Bridge

5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak pada sistem ini menggunakan program Arduino IDE. Arduino IDE adalah sebuah aplikasi pemrograman yang diciptakan

husus untuk melakukan pemrograman pada *board* milik Arduino. Arduino IDE disini berfungsi untuk membuat perintah program pada mikrokontroller yang digunakan pada sistem ini. Potongan program kaki robot ditunjukkan pada Tabel 5.2.

1	#include <Wire.h>//inisiasi library I2C
2	#include <Kalman.h> //inisiasi library Kalman filter
3	#define RESTRICT_PITCH
4	Kalman kalmanX; // inisiasi Kalman filter
5	Kalman kalmanY; // inisiasi Kalman filter
6	int dir = 9; //inisiasi penggunaan pin komponen
7	int rem = 10; //inisiasi penggunaan pin komponen
8	int buzzer =4; //inisiasi penggunaan pin komponen
9	/* IMU Data */
10	int16_t accX, accY, accZ;//data 16 bit untuk sensor
11	int16_t gyroX, gyroY, gyroZ; //data 16 bit untuk sensor
12	int16_t tempRaw; //data 16 bit untuk sensor
13	float gyroXangle, gyroYangle, accXangle; // menghitung nilai kemiringan
14	float kalAngleX, kalAngleY; // menghitung nilai kemiringan
15	/* PID */
16	const float Kp = 8.33; //inisiasi konstanta Kp
17	const float Ki = 2.49; //inisiasi konstanta Ki
18	const float Kd = 0.69; //inisiasi konstanta Kd
19	int speed; //inisiasi kecepatan pada motor
20	pinMode(dir,OUTPUT);//mengatur pin menjadi output
21	pinMode(rem,OUTPUT); //mengatur pin menjadi output
22	pinMode(buzzer,OUTPUT); //mengatur pin menjadi output
23	bunyi_1();//memanggil fungsi bunyi
24	Wire.begin();//memanggil fungsi komunikasi I2C
25	imu_data();//memanggil data sensor
26	filter();//memanggil fungsi filter
27	Pid();//memanggil fungsi pid

28	Motors();//memanggil fungsi motors
29	Serial. Derajat = "");//menampilkan data
30	Serial.print(current); //menampilkan data
31	Serial.print("\r\n");//menampilkan data
32	Serial.print("PWM = ");//menampilkan data
33	Serial.print(speed);Serial.print("\r\n");//menampilkan data



BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

6.1 Pengujian Nilai K_p , K_i , dan K_d

6.1.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai karakteristik statis *gain* keadaan mantap, dengan cara *plant* di rancang secara *open loop* dan diberikan unit *step* masukan *duty cycle* 0%–100% dan dilihat bagaimana respon keadaan mantapnya. Dan untuk mendapatkan nilai K_p , K_i , dan K_d agar menghasilkan grafik respon tercepat. Untuk menemukan parameter kontroler PID digunakan metode *Ziegler-Nichols* 1, dimana *plant* diberi tegangan masukan ke *plant* dan dilihat bagaimana hasilnya.

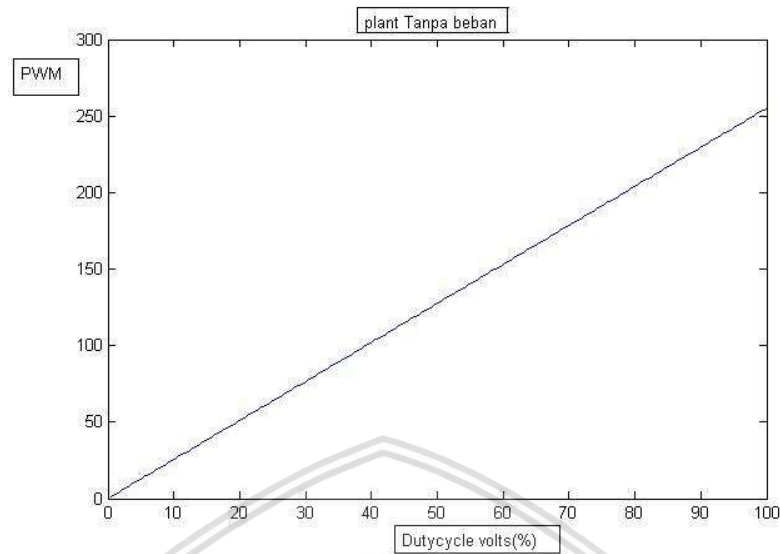
6.1.2 Prosedur Pengujian

Untuk melakukan pengujian ini langkah-langkah yang dilaksanakan adalah:

1. Membuat *list* program dengan mengatur *dutycycle* 0%-100%;
2. Atur *input* pada *driver* motor di software Arduino berupa *dutycycle*;
3. *Driver* motor mendapatkan *power supply* dari *accu* sebesar 0-12V;
4. Hubungkan *driver* motor dengan pin pada Arduino Nano;
5. Hubungkan *output driver* motor dengan motor DC 12V.
6. Hitung nilai dari L (*rise time*) dan T (*peak time*) dengan menggunakan nilai K_p , K_i , K_d dari *hard tuning*.
7. Hitung kembali nilai dari K_p , K_i , dan K_d menggunakan rumus *Ziegler-Nichols*

6.1.3 Hasil Pengujian

Plant berupa prototipe kaki robot untuk mengetahui respon *steadystate* dalam keadaan dengan beban. Grafik karakteristik *static gain* keadaan dengan beban ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik Karakteristik *Static Gain* Keadaan Dengan Beban

Setelah *hard tuning* selesai dilakukan didapatkan respon tercepat pada nilai $K_p = 10$, $K_i = 3$, dan $K_d = 2$. Kemudian untuk mencari L (*rise time*), digunakan rumus K_i seperti pada Persamaan 1.

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \dots \dots \dots (1)$$

$$K_i = \frac{K_p}{2 \times L}$$

$$L = \frac{10}{2 \times 3} = 1.67$$

Untuk mencari T (*peak time*), digunakan rumus K_p seperti pada Persamaan 2.

$$K_p = 1.2 \times \frac{T}{L} \dots \dots \dots (2)$$

$$10 = 1.2 \times \frac{T}{1.67}$$

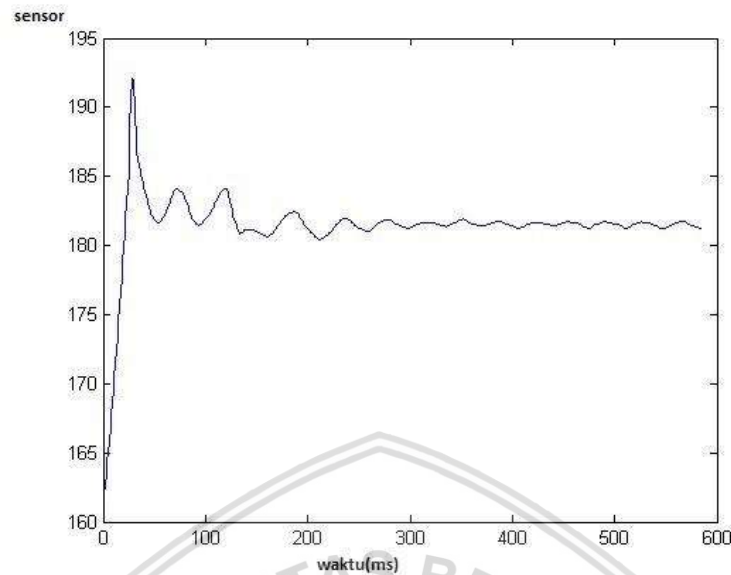
$$T = \frac{10}{1.2} \times 1.67 = 13.91$$

Hasil dari nilai L sebesar 1,67 dan T sebesar 13,91. Dari hasil tersebut maka dihitung kembali nilai K_p , K_i , dan K_d menggunakan rumus *Ziegler-Nichols* dan diperoleh nilai akhir K_p , K_i , dan K_d yaitu:

$$K_p = 1.2 \times \frac{T}{L} = 1.2 \times \frac{13.91}{1.67} = 8,33$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{K_p}{2 \times L} = \frac{8,33}{2 \times 1,67} = 2,49$$

$$K_d = K_p \times T_d = 8,33 \times (0.05 \times L) = 8,33 \times 0.0835 = 0,69$$



Gambar 6.2 Hasil Akhir Grafik Kontroler PID

Hasil grafik yang dihasil dari kontroler menggunakan nilai $K_p = 8,33$; $K_i = 2,49$; dan $K_d = 0,69$.

6.1.4 Analisa Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu untuk mendapatkan nilai K_p , K_i , dan K_d akhir harus melakukan beberapa langkah antara lain mencari nilai K_p , K_i , dan K_d awal dengan melihat kecepatan respon dari grafik *hard tuning*, kemudian menghitung nilai L (*peak time*) dan T (*rise time*) berdasarkan nilai K_p , K_i , dan K_d awal. Langkah yang terakhir adalah menghitung nilai akhir dari K_p , K_i , dan K_d berdasarkan nilai *peak time* dan *rise time* yang diperoleh.

6.2 Pengujian Jarak Tendangan

6.2.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh jarak dari hasil tendangan prototipe kaki robot. Sesuai dengan nilai derajat kemiringan yang dihasilkan oleh *gyroscope*. Yang mempengaruhi posisi pengambilan ancang-ancang untuk menendang bola.

6.2.2 Prosedur Pengujian

Untuk melakukan pengujian ini langkah-langkah yang dilaksanakan adalah:

1. Mempersiapkan objek yang akan diujikan;
2. Mempersiapkan alat yang akan diujikan;
3. Meletakkan objek didepan prototipe kaki robot;
4. Menyalakan sistem pengaturan jarak tendangan;

5. Menggerakkan sensor *gyroscope* sesuai yang pengguna inginkan;
6. Driver motor mengirimkan sinyal ke motor DC untuk melakukan gerakan menendang;
7. Mengukur jarak hasil tendangan dari posisi awal hingga posisi akhir objek;
8. Pengujian dilakukan berulang dengan diberikan nilai derajat kemiringan yang berbeda sebanyak 7 kali.

6.2.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian untuk jarak tendangan oleh prototipe kaki robot dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Jarak Tendangan

No	Nilai Derajat Kemiringan ($^{\circ}$)	Jarak Yang Dihasilkan (cm)
1	175	40
2	145	208
3	135	263
4	125	319
5	115	478
6	110	540
7	100	600

6.2.4 Analisa Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil seperti pada Tabel 6.1 dan dapat ditarik kesimpulan yaitu semakin rendah nilai derajat kemiringannya maka semakin jauh pula jarak tendangan dari prototipe kaki robot.

6.3 Pengujian Akurasi Sensor

6.3.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa akurat nilai derajat kemiringan yang dihasilkan sensor dibandingkan dengan nilai derajat sebuah penggaris busur.

6.3.2 Prosedur Pengujian

Untuk melakukan pengujian ini langkah-langkah yang dilaksanakan adalah:

1. Mempersiapkan objek yang akan diujikan;
2. Mempersiapkan alat yang akan diujikan;

3. Meletakkan objek di samping prototipe kaki robot;
4. Menyalakan sistem pengaturan jarak tendangan;
5. Menggerakkan sensor *gyroscope* sesuai yang pengguna inginkan;
6. Driver motor mengirimkan sinyal ke motor DC untuk melakukan gerakan menendang;
7. Mengukur nilai derajat kemiringan dari sensor dan penggaris pada waktu yang sama;
8. Pengujian dilakukan berulang dengan diberikan nilai derajat kemiringan yang berbeda sebanyak 7 kali.

6.3.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian untuk akurasi sensor dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Akurasi Sensor

No	Nilai Sudut Sensor (°)	Nilai Sudut Busur (°)	Akurasi
1	60.52	60	99.14 %
2	73.08	73	99.89%
3	85.01	85	99.98%
4	91.73	91	99.20%
5	101.97	101	99.04%
6	111.19	111	99.82%
7	121.58	121	99.52%
Rata – rata			99.51%

6.3.4 Analisa Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.2 dan dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai derajat kemiringan yang dihasilkan sensor terhadap nilai derajat kemiringan yang dihasilkan penggaris busur yaitu nilai yang dihasilkan hampir mendekati nilai derajat pada penggaris busur dilihat dari rata-rata nilai akurasi sebesar 99.51%. Berarti kinerja dari pembacaan nilai derajat kemiringan oleh sensor sudah terbilang sangat baik.

BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan sistem pengaturan jarak tendangan pada prototipe kaki robot ini diperlukan beberapa komponen. Komponen yang dimaksud antara lain sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*), Arduino Nano, *Driver* Motor IBT 2 H-Bridge, Motor DC, dan sebuah prototipe kaki robot. Dan juga pengaturan jarak tendangan kaki robot ini juga menggunakan metode PID sebagai kontroler. Untuk dapat meniru gerakan kaki maka digunakan sensor MPU-6050 yang di dalamnya terdapat *Gyroscope* yang merupakan sensor yang dapat mendeteksi nilai derajat kemiringan sebuah benda, yang mana jika sebuah benda bergerak ke suatu arah dan menghasilkan nilai derajat kemiringan maka sensor dapat membaca tingkat kemiringan dari benda tersebut. Sensor MPU-6050 nantinya akan ditempatkan di kaki pengguna, kemudian kaki melakukan sebuah pergerakan ke belakang dikarenakan pada posisi inilah kaki menghasilkan suatu nilai kemiringan yang nantinya dapat dibaca oleh sensor. Lalu nilai derajat yang dihasilkan oleh sensor nantinya akan dikirimkan ke Arduino untuk diproses. Kemudian diteruskan lagi hasil dari Arduino ke *driver* motor yang telah tersambung dengan motor DC. Setelah itu motor DC akan menggerakkan prototipe kaki robot ke posisi anjang-ancang yang telah dilakukan di awal oleh pengguna. Pada saat pengguna melakukan pergerakan kaki ke depan dan rentetan proses yang sama akan dilakukan oleh sistem untuk mengerakkan prototipe kaki robot ke posisi menendang dan diakhir pengujian jarak tendangan dapat diukur sesuai dengan jarak yang dihasilkan.
2. Pada pengujian jarak tendangan menggunakan sensor MPU-6050 didapatkan hasil jarak tendangan terdekat sebesar 40 cm dan jarak tendangan terjauh sebesar 600 cm. Hasil tersebut didapatkan berdasarkan pada perbedaan nilai derajat kemiringan yang dihasilkan oleh sensor tiap kali pengujian. Jarak sebesar 40 cm didapatkan ketika nilai derajat kemiringan yang dibaca sensor sebesar 175° dan jarak sebesar 600 cm didapatkan ketika nilai derajat kemiringan yang dibaca sensor sebesar 100° . Perlu digaris bawahi, nilai stabil pada sensor yaitu sebesar 180° , nilai stabil yang dimaksudkan adalah kondisi ketika kaki belum mendapatkan *input* dari pengguna. Dan juga berdasarkan dari hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin kecil nilai derajat kemiringan yang ada pada sensor maka semakin jauh jarak tendangan yang dapat dilakukan oleh prototipe kaki robot.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan ditarik kesimpulan yaitu untuk mendapatkan nilai K_p , K_i , dan K_d akhir harus melakukan beberapa

langkah antara lain mencari nilai K_p , K_i , dan K_d awal dengan melihat kecepatan respon dari grafik *hard tuning*. Setelah *hard tuning* selesai dilakukan didapatkan respon tercepat pada nilai $K_p = 10$, $K_i = 3$, dan $K_d = 2$. Kemudian menghitung nilai *rise time* (L) dan *peak time* (T) berdasarkan nilai K_p , K_i , dan K_d awal, didapatkan hasil dari nilai L sebesar 1,67 dan T sebesar 13,91. Langkah yang terakhir adalah menghitung nilai akhir dari K_p , K_i , dan K_d menggunakan rumus *Ziegler-Nichols* berdasarkan nilai *peak time* dan *rise time* yang diperoleh, dan didapatkan hasil akhir yaitu $K_p = 8,33$; $K_i = 2,49$; dan $K_d = 0,69$. Pada pengujian tingkat akurasi sensor untuk membandingkan nilai derajat kemiringan antara sensor dan penggaris bujur dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai derajat kemiringan sensor hampir mendekati nilai derajat pada penggaris busur dilihat dari rata-rata nilai akurasi sebesar 99.51%.

7.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang diberikan penulis dengan tujuan agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut:

1. Pengembang selanjutnya dapat mengganti bahan prototipe kaki robot yang berupa besi menjadi suatu bahan yang lebih ringan.
2. Pengembang selanjutnya dapat mengganti *driver* motor untuk menghindari *overheat* pada *driver*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alemong, J., 2005. State Estimation Fundamentals for Successful Deployment. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, Volume 1, pp. 800-801.
- Arduino, 2018. *Arduino - ArduinoNano*. [Online] Available at: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano> [Diakses 3 July 2018].
- Binanto, I., 2015. *Analisa Metode Classic Life Cycle (Waterfall) Untuk Pengembangan Perangkat Lunak Multimedia*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Caron, F., Duos, E., Pomorski, D. & Vanheeghe, P., 2006. GPS/IMU Data Fusion using Multisensor Kalman Filtering: Introduction of Contextual Aspects. *Information Fusion*, Volume 7, pp. 221-230.
- Huang, S.-J., Liu, Y.-C. & Hsiang, S.-H., 2013. Robotic End-Effector Impedance Control without Expensive Torque/Force Sensor. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, Volume 7.
- Julier, S. J., 2004. Unscented filtering and nonlinear estimation. *Proceedings of the IEEE*, 92(3), pp. 401-422.
- Lampung, U., 2016. *Motor DC*. [Online] Available at: <http://digilib.unila.ac.id/9450/16/16.%20Bab%20II.pdf> [Diakses 3 July 2018].
- Larson, R. E., Tinney, W. F. & Peschon, J., 1970. State Estimation in Power Systems: Part I: Theory and Feasibility. 89(3), pp. 345-352.
- Miura, H. & Shimoyama, I., 1984. Dynamic Walk of a Biped. *The International Journal of Robotics Research*, pp. 60-74.
- Odinya, J. O., Anande, J. T. & Kureve, D. T., 2017. Design and Implementation of an Arduino based Wireless Home Appliances Control System. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 3(4).
- Ogura, Y. et al., 2006. Development of a new humanoid robot WABIAN-2. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, pp. 76-81.
- Raibert, M., Blankespoor, K., Nelson, G. & Playter, R., 2008. BigDog, the Rough-Terrain Quadruped Robot. *The International Federation of Automatic Control*.
- Reddy, V. V. G., Roy, K. S. & Kumar, K. P., 2013. Design And Implementation Unit Electronic Gesture Recognition Using The Accelerometer To Control The Robotic Arm Developed With Cortex-M3 Core. *International Journal of Innovative Research & Development*.

- Setiawan, S., Firdaus, Rahmayadi, B. & Derisma, 2015. *Penerapan Invers Kinematika Untuk Pergerakan Kaki Robot Biped*. Jakarta, Seminar Nasional Sains dan Teknologi.
- Swetha, N., 2013. Design of Accelerometer Based Robot Motion and Speed Control with Obstacle Detection. *International Journal of Applied Sciences & Engineering*.
- Swing, O., 2017. *Using Gyroscope Technology to Implement a Leaning Technique for Game Interaction*, Sweden: Faculty of Computing Blekinge Institute of Technology.
- Workshop, S., 2018. *Low Cost DCC Controller with Service Mode Programming - Software Workshop*. [Online]
Available at: http://www.swws.co.uk/dcc/dcc_ctrl_serial.pdf
[Diakses 3 July 2018].

